

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-349268

(43)Date of publication of application : 15.12.2000

(51)Int.Cl.

H01L 27/14
H01L 21/027
H01L 27/148
H04N 5/335
// G03F 1/08

BEST AVAILABLE COPY

(21)Application number : 11-154954

(71)Applicant : SHARP CORP

(22)Date of filing : 02.06.1999

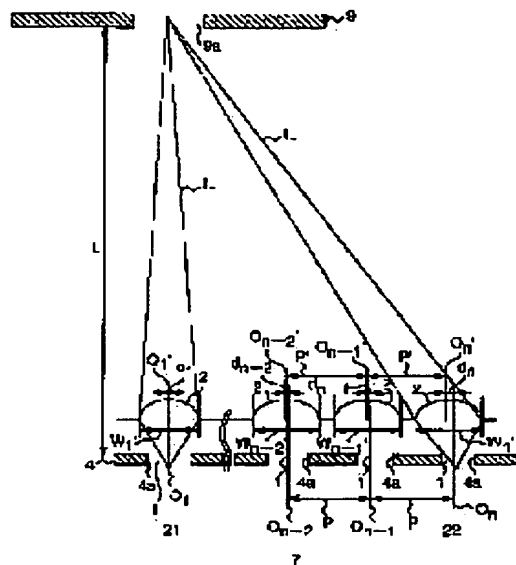
(72)Inventor : KAMIMURA SHINYA
INOUE MASAFUMI

(54) SOLID-STATE IMAGE PICKUP DEVICE, MANUFACTURE THEREOF AND MANUFACTURE OF MASK

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a solid-state image pickup device, with which shading due to 'eclipse' of incident light can be improved and shading due to peripheral dimming is improved.

SOLUTION: A plurality of photodetecting parts 1 arrayed on the surface of a substrate at prescribed pitches, and condensing parts 2 that are provided while corresponding to each photodetecting part 1, respectively, so as to condense incident light on the photodetecting part 1, are provided. Position of each condensing part 2 is gradually shifted sharply from the photodetecting part 1 corresponding thereto to a center O side of an image pickup region, as it shifts from a center part 21 of the image pickup region facing right to an exit pupil 9a to a peripheral part 22 of the image pickup region along the surface of the substrate. Furthermore, dimension W_1, \dots, W_{n-1}, W_n in a direction along the surface of the substrate of each condensing part 2 is gradually increased.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 18.01.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3430071

[Date of registration] 16.05.2003

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(11)特許出願公開番号

特開2000-349268

(P2000-349268A)

(43)公開日 平成12年12月15日(2000. 12. 15)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード [*] (参考)
H 0 1 L 27/14		H 0 1 L 27/14	D 2 H 0 9 5
21/027		H 0 4 N 5/335	V 4 M 1 1 8
27/148			U 5 C 0 2 4
H 0 4 N 5/335		G 0 3 F 1/08	A
		H 0 1 L 21/30	5 0 2 P

審査請求 未請求 請求項の数6 OL (全 12 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願平11-154954

(22)出願日 平成11年6月2日(1999.6.2)

(71)出願人 000005049
シャープ株式会社
大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号

(72)発明者 上村 親也
大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ
ャープ株式会社内

(72)発明者 井上 雅史
大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ
ャープ株式会社内

(74)代理人 100062144
弁理士 青山 稔 (外1名)

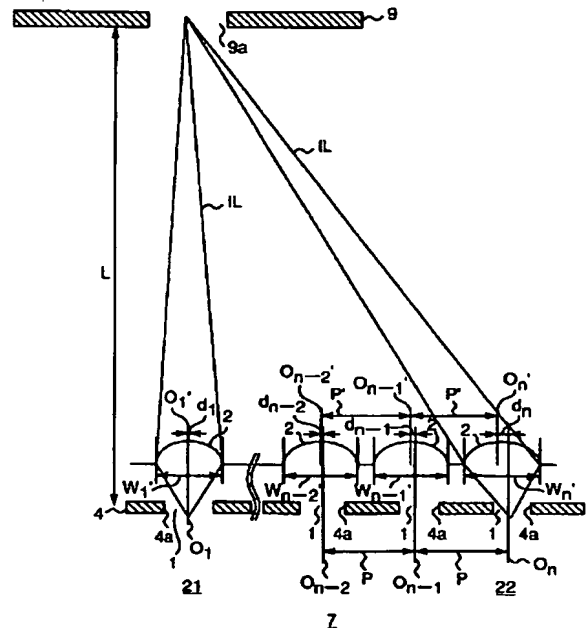
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 固体撮像装置およびその製造方法並びにマスク作製方法

(57)【要約】

【課題】 入射光の「ケラレ」によるシェーディングを改善できる上、周辺減光によるシェーディングを改善できる固体撮像装置を提供する。

【解決手段】 基板面に所定のピッチで配列された複数の受光部１と、入射光を受光部１へ集光するように各受光部１にそれぞれ対応して設けられた集光部２とを備える。射出瞳９ａに正対される撮像領域中心部２１から基板面に沿って撮像領域周辺部２２へ移るにつれて、各集光部２の位置がその集光部に対応する受光部１の位置よりも撮像領域中心Ｏ側へ徐々に大きくなり、かつ各集光部２の基板面に沿った方向の寸法 W_1' 、…、 W_{n-1}' 、 W_n' が徐々に大きくなっている。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板面に所定のピッチで配列された複数の受光部と、入射光を上記受光部へ集光するように上記基板上で上記各受光部にそれぞれ対応して設けられた集光部とを備えた固体撮像装置において、射出瞳に正対される上記基板上の撮像領域中心部から基板面に沿って撮像領域周辺部へ移るにつれて、上記各集光部の位置がその集光部に対応する受光部の位置よりも撮像領域中心側へ徐々に大きくなり、かつ上記各集光部の上記基板面に沿った方向の寸法が徐々に大きくなっていることを特徴とする固体撮像装置。

【請求項2】 請求項1に記載の固体撮像装置において、上記撮像領域中心部と撮像領域周辺部とを結ぶ方向は、この固体撮像装置の水平方向であることを特徴とする固体撮像装置。

【請求項3】 請求項1に記載の固体撮像装置において、上記撮像領域中心部と撮像領域周辺部とを結ぶ方向は、この固体撮像装置の垂直方向であることを特徴とする固体撮像装置。

【請求項4】 請求項1乃至3のいずれか一つに記載の固体撮像装置を製造する固体撮像装置の製造方法であって、受光部が形成された半導体基板上に集光部用材料膜を設ける工程と、所定のマスクを用いて露光および現像を行って上記集光部用材料膜をパターン加工する工程とを少なくとも有し、上記マスクには、透明基板上に、上記各集光部の位置と寸法にそれぞれ応じた位置と寸法を持つ閉領域パターンが設定されていることを特徴とする固体撮像装置の製造方法。

【請求項5】 透明基板上に遮光膜を設け、電子ビーム露光装置によって描画を行って上記遮光膜をパターン加工するマスク作製方法であって、平面上に所定のピッチで並ぶ複数の第1の閉領域パターンを定める第1のマスクパターン描画データと、上記平面上でそれらの閉領域パターンとそれぞれオーバーラップして上記ピッチと同じピッチで並ぶ複数の閉領域パターンを定める第2のマスクパターン描画データとを、それぞれ所定の最小寸法単位で設定し、電子ビーム露光装置によって、上記閉領域パターンの配列の中心部を基準として上記第1の閉領域パターンを第1の補正倍率で補正するとともに、上記第2の閉領域パターンを第2の補正倍率で補正する処理を行いながら、上記配列の中心部から周辺部へ移るにつれて、上記第1の閉領域パターンと第2の閉領域パターンとの重なり領域の位置が上記補正前の位置よりも上記配列の中心側へ徐々に大きくなり、かつ上記各重なり領域の寸法が徐々に

に大きくなっているパターンを上記遮光膜上に描画することを特徴とするマスク作製方法。

【請求項6】 請求項5に記載のマスク作製方法において、基板面に所定のピッチで配列された複数の受光部と、入射光を上記受光部へ集光するように上記基板上で上記各受光部にそれぞれ対応して設けられた集光部とを備えた固体撮像装置に関して、上記基板上の撮像領域中心部から基板面に沿って撮像領域周辺部へ移るにつれて要求される上記集光部の受光部に対するずれ量と、上記集光部の上記基板面に沿った方向の寸法変化とに応じて、上記第1および第2の補正倍率を設定することを特徴とするマスク作製方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、シェーディングを補正できる固体撮像装置およびその製造方法に関する。また、そのような固体撮像装置の集光部を形成するためのマスクを作製するのに適したマスク作製方法に関する。

【0002】

【従来の技術】最近のビデオカメラ、電子スチルカメラ等では、小型、軽量化の要請から、固体撮像装置を内蔵したものが多い。図6に示すように、一般的な固体撮像装置は、半導体基板7の表面に並べて形成された受光部1および垂直転送部6と、この垂直転送部6上に形成された垂直転送電極5と、垂直転送部6を覆い受光部1上に開口した遮光膜4と、各受光部1上に形成されたカラーフィルタ3を備えるとともに、入射光を効率良く受光部1に集光させるために、カラーフィルタ3の上方で各受光部1に対応する位置に形成された集光部としての略半球状のマイクロレンズ2を備えている。このマイクロレンズ2を形成する場合、遮光膜4やカラーフィルタ3が形成された基板7上に、感光性および熱軟化性を有する透明なマイクロレンズ用材料膜を塗布する。次に、所定のマスクを用いて露光および現像して上記材料膜をパターン加工する。その後、熱処理を加えて上記材料膜を軟化させて略半球状に仕上げる。

【0003】図7(a)に示すように、カメラの光学系の射出瞳距離（射出瞳9aを定める絞り9と遮光膜4との間の距離）Lが長い（ L_1 ）場合は、撮像領域中心部（射出瞳に正対する領域）21だけでなく撮像領域周辺部（基板面に沿って撮像領域中心部から離れた領域）22においても、入射光1Lはマイクロレンズ2を通して遮光膜4の開口4a内、つまり受光部1に入射する。

【0004】しかし、小型、軽量化の要請から、図7(b)に示すように射出瞳距離Lが短く（ L_2 ）設定された場合は、射出瞳距離が長い（ L_1 ）場合に比べて、撮像領域周辺部22、特に水平方向周辺部において、入射光1Lのマイクロレンズへの入射角度が大きくなり、

入射光ILのうち開口4a内に収まりきれない部分が生じ(いわゆる入射光ILの「ケラレ」が発生し)て、受光部1への入射率が低下する。このように撮像領域中心部21に比して撮像領域周辺部22で感度が低下する結果、図8に示すように、撮像画面上では、画面周辺部で輝度が低下する現象(いわゆる「シェーディング」の悪化)が起こる。なお、図8は、カメラの1水平走査期間1Hの出力電圧波形を示している。図8中に波線で示すように、中心部の出力信号Voに対し、周辺部の出力信号Veはかなり低下している。

【0005】この「シェーディング」の悪化に対する対策として、図9に示すように、撮像領域中心を基準として微小スケールングを行う技術が知られている(特開平6-140609号公報)。この微小スケールングは、マイクロレンズアレイ(同じ寸法を持つマイクロレンズ2からなる)のピッチP'を受光部1(すなわち開口4a)のピッチPより小さくして($P' = a \times P$ とする。倍率 $a < 1$ であり、例えば $a = 0.9999$ に設定される。)、撮像領域中心部21から撮像領域周辺部22へ移るにつれて、各マイクロレンズ2の位置をそのマイクロレンズに対応する受光部1の位置よりも撮像領域中心側へ徐々に大きくずらすものである。これにより、撮像領域周辺部22での入射光ILの「ケラレ」は低減され、図8中に実線で示すように、シェーディングが幾分補正される。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記微小スケールングによる対策だけではシェーディングの補正が十分であるとは言えない。カメラの光学系では、特にレンズの絞りが開放側にあるとき、レンズの中央部に対して周辺部の光量が少なくなる、いわゆる周辺減光が発生するからである。この周辺減光によるシェーディングは、微小スケールングによる対策だけでは補正することができない。

【0007】そこで、本発明の目的は、入射光の「ケラレ」によるシェーディングを改善できる上、周辺減光によるシェーディングを改善できる固体撮像装置およびその製造方法を提供することにある。また、そのような固体撮像装置の集光部を形成するためのマスクを作製するのに適したマスク作製方法を提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、この発明の固体撮像装置は、基板面に所定のピッチで配列された複数の受光部と、入射光を上記受光部へ集光するように上記基板上で上記各受光部にそれぞれ対応して設けられた集光部とを備えた固体撮像装置において、射出瞳に正対される上記基板上の撮像領域中心部から基板面に沿って撮像領域周辺部へ移るにつれて、上記各集光部の位置がその集光部に対応する受光部の位置よりも撮像領域中心側へ徐々に大きくずれ、かつ上記各集

光部の上記基板面に沿った方向の寸法が徐々に大きくなっていることを特徴とする。

【0009】この発明の固体撮像装置では、射出瞳に正対される基板上的撮像領域中心部から基板面に沿って撮像領域周辺部へ移るにつれて、各集光部の位置がその集光部に対応する受光部の位置よりも撮像領域中心側へ徐々に大きくずれている。したがって、図9の固体撮像装置と同様に、入射光の「ケラレ」によるシェーディングが改善される。しかも、この固体撮像装置では、射出瞳に正対される基板上的撮像領域中心部から基板面に沿って撮像領域周辺部へ移るにつれて、上記各集光部の上記基板面に沿った方向の寸法が徐々に大きくなっている。したがって、撮像領域中心部から撮像領域周辺部へ移るにつれて、各集光部の面積が徐々に増大し、これに伴って各集光部の集光量が徐々に増大して、周辺減光による入射光の低下が補正される。この結果、周辺減光によるシェーディングが改善される。

【0010】一実施形態の固体撮像装置は、上記撮像領域中心部と撮像領域周辺部とを結ぶ方向は、この固体撮像装置の水平方向であることを特徴とする。

【0011】この固体撮像装置では、撮像領域中心部から水平方向に撮像領域周辺部へ移るにつれて、上記各集光部の位置がその集光部に対応する受光部の位置よりも撮像領域中心側へ徐々に大きくずれ、かつ上記各集光部の上記基板面に沿った方向の寸法が徐々に大きくなっている。したがって、この固体撮像装置の水平方向に関して、シェーディングが有効に改善される。

【0012】一実施形態の固体撮像装置は、上記撮像領域中心部と撮像領域周辺部とを結ぶ方向は、この固体撮像装置の垂直方向であることを特徴とする。

【0013】この固体撮像装置では、撮像領域中心部から垂直方向に撮像領域周辺部へ移るにつれて、上記各集光部の位置がその集光部に対応する受光部の位置よりも撮像領域中心側へ徐々に大きくずれ、かつ上記各集光部の上記基板面に沿った方向の寸法が徐々に大きくなっている。したがって、この固体撮像装置の垂直方向に関して、シェーディングが有効に改善される。

【0014】この発明の固体撮像装置の製造方法は、上述の固体撮像装置を製造する固体撮像装置の製造方法であって、受光部が形成された半導体基板上に集光部用材料膜を設ける工程と、所定のマスクを用いて露光および現像を行って上記集光部用材料膜をパターン加工する工程とを少なくとも有し、上記マスクには、透明基板上に、上記各集光部の位置と寸法にそれぞれ応じた位置と寸法を持つ閉領域パターンが設定されていることを特徴とする。

【0015】この発明の固体撮像装置の製造方法によれば、上記マスクのパターンのお陰で、上述の固体撮像装置を、従来の一般的な固体撮像装置を製造する場合と全く同様のプロセスで作製できる。すなわち、集光部用材

料膜の露光工程では、従来の露光工程と同様に1枚のマスクを用いて1回の露光を行えば良い。したがって、固体撮像装置の生産性が損なわれることがない。

【0016】この発明のマスク作製方法は、透明基板上に遮光膜を設け、電子ビーム露光装置によって描画を行って上記遮光膜をパターン加工するマスク作製方法であって、平面上に所定のピッチで並ぶ複数の第1の開領域パターンを定める第1のマスクパターン描画データと、上記平面上でそれらの開領域パターンとそれぞれオーバーラップして上記ピッチと同じピッチで並ぶ複数の開領域パターンを定める第2のマスクパターン描画データとを、それぞれ所定の最小寸法単位で設定し、電子ビーム露光装置によって、上記開領域パターンの配列の中心部を基準として上記第1の開領域パターンを第1の補正倍率で補正するとともに、上記第2の開領域パターンを第2の補正倍率で補正する処理を行いながら、上記配列の中心部から周辺部へ移るにつれて、上記第1の開領域パターンと第2の開領域パターンとの重なり領域の位置が上記補正前の位置よりも上記配列の中心側へ徐々に大きくなり、かつ上記各重なり領域の寸法が徐々に大きくなっているパターンを上記遮光膜上に描画することを特徴とする。

【0017】この発明のマスク作製方法によれば、第1、第2のマスクパターン描画データの最小寸法単位を通常の0.1~0.01 μm 程度に設定した上で、上記第1の開領域パターンと第2の開領域パターンとの重なり領域の位置が上記補正前の位置よりも上記配列の中心側へ徐々に大きくなり、かつ上記各重なり領域の寸法が徐々に大きくなっているパターンが遮光膜上に描画される。すなわち、実質的に極めて小さい最小寸法単位（少なくとも0.0001 μm ）を持つ重なり領域（マスクパターン描画データ）が描画される。したがって、そのような実質的に極めて小さい最小寸法単位で形成されたマイクロレンズ用マスクが、緻密で複雑なデータ作成作業を行うことなく、簡単に得られる。

【0018】一実施形態のマスク作製方法は、基板面に所定のピッチで配列された複数の受光部と、入射光を上記受光部へ集光するように上記基板上で上記各受光部にそれぞれ対応して設けられた集光部とを備えた固体撮像装置に関して、上記基板面の撮像領域中心部から基板面に沿って撮像領域周辺部へ移るにつれて要求される上記集光部の受光部に対するずれ量と、上記集光部の上記基板面に沿った方向の寸法変化とに応じて、上記第1および第2の補正倍率を設定することを特徴とする。

【0019】上述のタイプの固体撮像装置では一般に、上記基板面の撮像領域中心部から基板面に沿って撮像領域周辺部へ移るにつれて要求される上記集光部の受光部に対するずれ量と、上記集光部の上記基板面に沿った方向の寸法変化は、シミュレーションや実測によって最適値が求められる。そこで、このマスク作製方法では、そ

のようなずれ量と寸法変化の最適値に応じて上記第1および第2の補正倍率を設定する。したがって、電子ビーム露光装置による補正前の第1および第2のマスクパターン描画データに何らの変更も加える必要がない。この結果、現実の様々な固体撮像装置に適合したマイクロレンズ用マスクを、いちいちマスクパターン描画データを作成することなく、同一のマスクパターン描画データを用いて簡単に作製できる。

【0020】

10 【発明の実施の形態】以下、この発明を実施の形態により詳細に説明する。

【0021】この発明の一実施形態の固体撮像装置は、図6に示した固体撮像装置と概略同じ構成を有し、集光部としての略半球状のマイクロレンズ2の位置と寸法のみが異なるものである。図1はそのような一実施形態の固体撮像装置の水平方向断面を模式的に示している。簡単のため、図6中の構成要素と同一の構成要素は、同一の符号を付して説明を省略する。

【0022】この固体撮像装置では、射出瞳9aに正対される基板7上の撮像領域中心部21では、撮像領域中心Oを基準としてマイクロレンズ2のピッチP'を受光部1（すなわち開口4a）のピッチPより小さく設定している（P' < Pである。）。詳しくは、受光部1の中心（以下「受光部中心」という。）O₁とマイクロレンズ2の中心（以下「マイクロレンズ中心」という。）O₂は一致している。撮像領域中心部21から基板面に沿って撮像領域周辺部22へ移るにつれて、各マイクロレンズ2の位置がそのマイクロレンズ2に対応する受光部1の位置よりも撮像領域中心O側へ徐々に大きくなり、すなわち、n番目の受光部中心O_nとマイクロレンズ中心O_nとの距離をd_nと表すものとする、

$$0 = d_1 < \dots < d_{n-2} < d_{n-1} < d_n$$

となっている。したがって、図9の固体撮像装置と同様に、入射光の「ケラレ」によるシェーディングを改善できる。

【0023】しかも、この固体撮像装置では、射出瞳9aに正対される基板上の撮像領域中心部21から基板面に沿って撮像領域周辺部22へ移るにつれて、各マイクロレンズ2の基板面に沿った方向の寸法が徐々に大きくなっている。すなわち、n番目のマイクロレンズ2の水平方向寸法をW_n'と表すものとする、

$$W_1' < \dots < W_{n-2}' < W_{n-1}' < W_n'$$

となっている。したがって、撮像領域中心部21から撮像領域周辺部22へ移るにつれて、各マイクロレンズ2の面積が徐々に増大し、これに伴って各マイクロレンズ2の集光量が徐々に増大して、周辺減光による入射光ILの低下を補正できる。この結果、周辺減光によるシェーディングを改善できる。

【0024】なお、上の例では水平方向に関して述べたが、垂直方向に関して、あるいは水平方向と垂直方向と

の両方に関して上記と同じ構成にしてもよい。

【0025】上記マイクロレンズ2を形成する場合、遮光膜4やカラーフィルタ3が形成された基板7上に、感光性および熱軟化性を有する透明なマイクロレンズ用材料膜を塗布する。次に、所定のマスクを用いて露光および現像して上記材料膜をパターン加工する。その後、熱処理を加えて上記材料膜を軟化させて略半球状に仕上げる。上記マスクとしては、透明ガラス基板上に、上記各マイクロレンズ2の位置と寸法にそれぞれ応じた位置と寸法を持つ閉領域の遮光パターンを形成したものをを用いる。このようにした場合、図1の固体撮像装置を、従来の一般的な固体撮像装置を製造する場合と全く同様のプロセスで作製できる。すなわち、マイクロレンズ用材料膜の露光工程では、従来の露光工程と同様に1枚のマスクを用いて1回の露光を行えば良い。したがって、固体撮像装置の生産性が損なわれることがない。

【0026】さて、この種の固体撮像装置を製造するためのマスクは、通常電子ビームリソグラフィにより作製される。一般的に言うと、まず、ガラス板等からなる透明基板の片面全域に遮光膜（この例ではCr膜とする。）を積層し、その上に電子ビームレジスト材料膜を塗布する。次に、コンピュータ制御された電子ビーム露光装置を用いて、目的とするパターンをそのレジスト膜上に描画する。そして、現像処理後、残存したレジスト膜のパターンをマスクとして、上記Cr膜の露出部分をエッチングして除去する。

【0027】上記パターンはデジタルデータ（以下「マスクパターン描画データ」という。）で表され、その最小寸法単位は、要求される微細加工や線幅の精度に応じて設定される。図6の固体撮像装置を製造するためのマスクでは、マスクパターン描画データの最小寸法単位は通常0.1~0.01 μm 程度に設定される。

【0028】しかし、本発明の固体撮像装置のマイクロレンズを形成するためのマスク、すなわち基板面に沿った方向に関して各マイクロレンズ2の位置と寸法を徐々に変化させるようなマスク（以下「本発明のマスク」という。）では、マスクパターン描画データを作成するために極めて微小量（<0.001 μm ）の寸法変化を必要とする。すなわち、マスクパターン描画データの最小寸法単位は少なくとも0.0001 μm であることが要求される。例えば、水平方向1000画素、水平方向画素ピッチ5 μm 、水平方向マイクロレンズ幅4 μm の固体撮像装置に、最左右端での受光部中心に対するマイクロレンズ中心のずれ0.3 μm 、最左右端での水平方向マイクロレンズ幅を4.2 μm となるように本発明を適用する場合を考える。この場合、マイクロレンズのピッチは4.9994 μm 、隣接したマイクロレンズの寸法（幅）の違いは0.0004 μm となる。

【0029】このため、本発明のマスク用の描画データを直接作成することは、極めて緻密で複雑な作業とな

る。また、マスクパターン描画データの最小寸法単位が極めて小さいことから、データ量が膨大となり、電子ビーム露光装置での描画時間も膨大なものとなる。この結果、設計およびマスク生産のスループットの低下を招き、ひいては固体撮像装置の生産性の低下を招くおそれがある。

【0030】ここで、市販の電子ビーム露光装置は、描画データを目的に応じて所定の倍率で補正（または所定量だけリサイズ）できるようになっている。したがって、図9の固体撮像装置のマイクロレンズ用マスクは、図6のものと同一マイクロレンズ用パターンを表すマスクパターン描画データを用い、電子ビーム露光装置において微小スケール（例えば補正倍率 $a=0.9999$ ）を行って描画することで比較的容易に作製できる。しかし、本発明のマスクは、撮像領域中心部21から撮像領域周辺部22へ移るにつれて、各マイクロレンズ2の位置がそのマイクロレンズ2に対応する受光部1の位置よりも撮像領域中心O側へ徐々に大きくなり、かつ各マイクロレンズ2の寸法が徐々に大きくなっているものであるから、市販の電子ビーム露光装置において単に微小スケール（またはリサイズ）を行っただけでは作製できない。そこで、本発明では次のようなマスク作製方法を考案した。

【0031】最初に、図2を用いて本発明のマスク作製方法を水平方向（X方向）に関して適用した例を説明する。なお、図2（a）、（b）、（c）は、それぞれ撮像領域中心OのX座標を0とし、撮像領域中心部21から撮像領域周辺部（右端）22までの水平方向1ラインについてのパターン（マスクパターン描画データ）を示している。水平方向左側のパターンについては、水平方向右側のパターンと対称であるため、図示を省略している。

【0032】① まず、図2（a）に示すように、平面上に、水平方向に一定のピッチPで並ぶ複数の矩形領域（それぞれ実線で表す） $C_{1_1}, \dots, C_{1_{n-1}}, C_{1_n}$ を定める第1のマスクパターン描画データと、それらの矩形領域とそれぞれオーバーラップして水平方向に一定のピッチPで並ぶ複数の矩形領域（それぞれ破線で表す） $C_{2_1}, \dots, C_{2_{n-1}}, C_{2_n}$ を定める第2のマスクパターン描画データとを、それぞれ通常の最小寸法単位（例えば0.01 μm ）で設定する。この例では、第1のマスクパターン描画データが定める各矩形領域（以下「第1の矩形領域」という。） $C_{1_1}, \dots, C_{1_{n-1}}, C_{1_n}$ と、第2のマスクパターン描画データが定める各矩形領域（以下「第2の矩形領域」という。） $C_{2_1}, \dots, C_{2_{n-1}}, C_{2_n}$ とは、水平方向に関していずれも同じ幅（水平方向寸法）を持っている。そして、これらの第1の矩形領域 $C_{1_1}, \dots, C_{1_{n-1}}, C_{1_n}$ と第2の矩形領域 $C_{2_1}, \dots, C_{2_{n-1}}, C_{2_n}$ との各重なり領域 A_1, \dots, A_{n-1}, A_n （それらの水平方向寸法を W_1, \dots, W

\dots, W_n と表す)が、補正を予定したマイクロレンズ2のパターンに相当している。

【0033】なお、各重なり領域 A_1, \dots, A_{n-1}, A_n の左端と右端の座標 $(L_{21}, R_{11}), \dots, (L_{2n-1}, R_{1n-1}), (L_{2n}, R_{1n})$ の中点は、基板上に並ぶ各受光部1の中心のX座標 O_1, \dots, O_{n-1}, O_n に相当している(必ずしも O_1, \dots, O_{n-1}, O_n を中点とする必要はないが、後述する計算処理を簡単にするためである。)。また、第1の矩形領域 C_{1n} と第2の矩形領域 C_{2n} との間の水平方向のずれ量 D_n は、次に述べる微少スケール(補正処理)を行ったときに各重なり領域 A_1, \dots, A_{n-1}, A_n が必ず残るように(消失しないように)設定されている(後に定量的に述べる。)

【0034】② 次に、図2(b)に示すように、市販の電子ビーム露光装置によって、まず、第1のマスクパターン描画データに対して撮像領域中心Oを基準として補正倍率 α_1 で微少スケール($\alpha_1 < 1$)を行いながら、その補正された第1のマスクパターン描画データで、透明基板の電子ビームレジスト材料に露光する。このとき、第1の矩形領域 $C_{11}', \dots, C_{1n-1}', C_{1n}'$ の外側が露光され、内側が露光されない設定とする(なお、補正後のパターンをそれぞれ「'」を付した符号で表している。以下同様。)。続いて、第2のマスクパターン描画データに対して撮像領域中心Oを基準として補正倍率 α_2 で微少スケール($\alpha_2 < 1$)を行いながら、その補正された第2のマスクパターン描画データで、上記電子ビームレジスト材料に露光する(補正倍率 α_1, α_2 については後述する。)。このとき、第2の矩形領域 $C_{21}', \dots, C_{2n-1}', C_{2n}'$ の外側が露光され、内側が露光されない設定とする。このよう*

$$W_n' = R_{1n}' - L_{2n}' = \alpha_1 \times R_{1n} - \alpha_2 \times L_{2n} \quad \dots (1)$$

$$\begin{aligned} d_n &= O_n - O_n' \\ &= (L_{2n} + R_{1n} - L_{2n}' - R_{1n}') / 2 \\ &= \{ (1 - \alpha_2) L_{2n} + (1 - \alpha_1) R_{1n} \} / 2 \quad \dots (2) \end{aligned}$$

と求められる。

【0038】次に、n番目のマイクロレンズ用パターン※

$$\begin{aligned} d_n - d_{n-1} &= \{ (1 - \alpha_2)(L_{2n} - L_{2n-1}) + (1 - \alpha_1)(R_{1n} - R_{1n-1}) \} / 2 \\ &= (2 - \alpha_2 - \alpha_1) P / 2 \quad \dots (3) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_n' - W_{n-1}' &= \alpha_1 (R_{1n} - R_{1n-1}) - \alpha_2 (L_{2n} - L_{2n-1}) \\ &= (\alpha_1 - \alpha_2) P \quad \dots (4) \end{aligned}$$

なる関係がある。式(3)、(4)から、隣接したマイクロレンズ用パターン M_{n-1}' と M_n' の間では、nの値(何番目であるか)にかかわらず、対応する受光部中心に対する距離(ずれ量)dが一定量だけ変化するとともに、マイクロレンズ用パターンの水平方向寸法(幅)が一定量だけ変化することが分かる。

【0039】すなわち、このマスク作製方法によって得られたマスクでは、撮像領域中心部21から基板面に沿

*にした場合、第1の矩形領域 $C_{11}', \dots, C_{1n-1}', C_{1n}'$ と第2の矩形領域 $C_{21}', \dots, C_{2n-1}', C_{2n}'$ との重なり領域 $A_1', \dots, A_{n-1}', A_n'$ は、いずれの露光処理においても露光されない。したがって、現像処理後にレジスト膜は残存し、その後のエッチング処理でCr膜は除去されずに残る。この結果、図2(c)に示すように、透明基板上に、上記重なり領域 $A_1', \dots, A_{n-1}', A_n'$ に対応するCr膜、すなわちマイクロレンズ用パターン $M_1', \dots, M_{n-1}', M_n'$ が配置されたマスクが得られる。

【0035】このようにして、実質的に極めて小さい最小寸法単位(少なくとも $0.0001 \mu m$)で形成されたマイクロレンズ用マスクが、緻密で複雑なデータ作成作業を行うことなく、簡単に得られる。

【0036】ここで、撮像領域周辺部(右端)22のn番目のマイクロレンズ用パターン M_n' について、受光部中心 O_n とパターン M_n' の中心 O_n' との間の水平方向の距離(ずれ量) d_n と、パターン M_n' の水平方向寸法(幅) W_n' とを、理論的に求める。

【0037】分かるように、図2(a)において、 $L_{2n} = L_{21} + P(n-1)$
 $R_{1n} = R_{11} + P(n-1)$
 $O_n = (L_{2n} + R_{1n}) / 2$
 $W_n = R_{11} + P(n-1) - \{L_{21} + P(n-1)\}$
 $= R_{11} - L_{21} = W_1$

なる関係がある。また、図2(b)において、

$$\begin{aligned} L_{2n}' &= \alpha_2 \times L_{2n} \\ R_{1n}' &= \alpha_1 \times R_{1n} \\ O_n' &= (L_{2n}' + R_{1n}') / 2 \end{aligned}$$

なる関係がある。よって、

※ M_n' と(n-1)番目のマイクロレンズ用パターン M_{n-1}' の間では、

って撮像領域周辺部22へ移るにつれて、各マイクロレンズ用パターン M_n' の位置 O_n' が対応する受光部中心 O_n の位置よりも撮像領域中心側へ徐々に大きくなり、かつ各マイクロレンズ用パターン M_n' の水平方向寸法 W_n' が徐々に大きくなっている。

【0040】なお、電子ビーム露光装置を用いて上述の方法で露光を行うためには、補正倍率 α_1 および α_2 を予め設定しておく必要がある。そのためには、予めシ

ュレーションや実測によって最適の W_n' 、 d_n を求め、その W_n' 、 d_n に基づいて上記式(1)、(2)を用いて補正倍率 $\alpha 1$ 、 $\alpha 2$ を求めておく。これにより、補正倍率 $\alpha 1$ 、 $\alpha 2$ の最適値を電子ビーム露光装置に入力することができる。実測やシミュレーションによるのは、シェーディングが様々なパラメータ、例えばカメラ光学系レンズ、射出瞳距離等に依存して変化するため、現実のカメラ光学系レンズ、射出瞳距離等に対応した設定が必要となるからである。このようにした場合、電子ビーム露光装置による補正前の第1および第2のマスクパターン描画データに何らの変更も加える必要がない。この結果、現実の様々な固体撮像装置に適合したマイクロレンズ用マスクを、いちいちマスクパターン描画データを*

$$D_n' = L_{2n}' - L_{1n}' = (\alpha 2 \times L_{2n} - \alpha 1 \times L_{1n}) > A \quad \cdots (5)$$

$$D_n' = R_{2n}' - R_{1n}' = (\alpha 2 \times R_{2n} - \alpha 1 \times R_{1n}) > A \quad \cdots (6)$$

を満たすように L_{1n} 、 L_{2n} 、 R_{1n} 、 R_{2n} の位置を設定する。この例では、 $D_{1n}' > \cdots > D_{n-1n}' > D_n'$ となるため、 D_n' が式(5)、(6)を満たせば、すべての n について式(5)、(6)が満たされる。これにより、各重なり領域 A_{1n}' 、 \cdots 、 A_{n-1n}' 、 A_n' が所望のマイクロレンズ用パターン M_{1n}' 、 \cdots 、 M_{n-1n}' 、 M_n' として得られる。

【0042】なお、この例では、第1の矩形領域 C_{1n} と第2の矩形領域 C_{2n} とは同じ水平方向寸法を持ち、重なり領域 A_n （または A_n' ）の両側に生ずる水平方向のずれ量 D_n （または D_n' ）は等しいものとしたが、式(5)、(6)式を満たしていれば、重なり領域 A_n （または A_n' ）の両側に生ずる水平方向のずれ量が互いに異なってもよい。

【0043】このマスク作製方法によって得られたマイクロレンズ用マスクを用いれば、マイクロレンズ用材料膜の露光工程で、従来の露光工程と同様に1枚のマスクを用いて1回の露光を行えば良い。したがって、固体撮像装置の生産性が損なわれるのを防止できる。また、製造された固体撮像装置は、水平方向に関して、入射光の「ケラレ」によるシェーディングを改善できる上、周辺減光によるシェーディングを改善できるものとなる。

【0044】以上、本発明のマスク作製方法を水平方向（X方向）に関して適用した例を説明したが、当然ながら本発明は垂直方向に関しても全く同様に適用できる。

【0045】次に、図3～図5を用いて本発明のマスク作製方法を水平方向（X方向）および垂直方向（Y方向）に適用した例を説明する。なお、図3～図5は、それぞれ撮像領域中心OのX、Y座標を（0，0）とし、撮像領域中心部21と撮像領域周辺部（右端、上端）22を含む撮像領域全域の1/4部分についてのパターン（マスクパターン描画データ）を示している。残りの3/4部分のパターンについては、上記1/4部分のパターンと対称であるため、図示を省略している。

【0046】① まず、図3に示すように、水平方向お

*作成することなく、同一のマスクパターン描画データを用いて簡単に作製できる。

【0041】また、上記微少スケール（補正処理）を行うことによって各重なり領域 A_{1n}' 、 \cdots 、 A_{n-1n}' 、 A_n' が必ず残るように（消失しないように）、補正後のずれ量 D_n' （ L_{2n}' と L_{1n}' との距離であり、 R_{2n}' と R_{1n}' との距離でもある。）を設定する必要がある。それだけではなく、補正後のずれ量 D_n' を、パターン描画時の第1の矩形領域 C_{1n} と第2の矩形領域 C_{2n} との間の重ね合わせ精度や、電子ビームレジスト材料の現像およびCr膜のエッチング処理に伴うマスクパターン描画データからの線幅シフト等を考慮した値（Aとする）以上に設定する必要がある。よって、

よび垂直方向に一定のピッチ P_x 、 P_y で行列状に並ぶ複数の矩形領域（それぞれ実線で表す） C_{11n} 、 \cdots 、 $C_{1n(n-1)}$ 、 C_{1nn} を定める第1のマスクパターン描画データと、それらの矩形領域とそれぞれオーバーラップして水平方向および垂直方向に一定のピッチ P_x 、 P_y で行列状に並ぶ複数の矩形領域（それぞれ破線で表す） C_{21n} 、 \cdots 、 $C_{2n(n-1)}$ 、 C_{2nn} を定める第2のマスクパターン描画データとを、それぞれ通常の最小寸法単位（例えば0.01 μm ）で設定する。この例では、第1のマスクパターン描画データが定める各矩形領域（以下「第1の矩形領域」という。） C_{11n} 、 \cdots 、 $C_{1n(n-1)}$ 、 C_{1nn} と、第2のマスクパターン描画データが定める各矩形領域（以下「第2の矩形領域」という。） C_{21n} 、 \cdots 、 $C_{2n(n-1)}$ 、 C_{2nn} とは、水平方向に関していずれも同じ幅（水平方向寸法）を持ち、かつ垂直方向に関していずれも同じ幅（垂直方向寸法）を持っている。例えば第1の矩形領域 C_{1nn} は左端 L_{1n} 、右端 R_{1n} 、上端 U_{1n} 、下端 D_{1n} で定められ、第2の矩形領域 C_{2nn} は左端 L_{2n} 、右端 R_{2n} 、上端 U_{2n} 、下端 D_{2n} で定められている。そして、これらの第1の矩形領域 C_{11n} 、 \cdots 、 $C_{1n(n-1)}$ 、 C_{1nn} と第2の矩形領域 C_{21n} 、 \cdots 、 $C_{2n(n-1)}$ 、 C_{2nn} との各重なり領域 A_{11n} 、 \cdots 、 $A_{n(n-1)}$ 、 A_{nn} （それらの水平方向寸法を W_{x1} 、 \cdots 、 W_{xn-1} 、 W_{xn} と表し、それらの垂直方向寸法を W_{y1} 、 \cdots 、 W_{yn-1} 、 W_{yn} と表す）が、補正を予定したマイクロレンズ2のパターンに相当している。

【0047】なお、各重なり領域 A_{11n} 、 \cdots 、 $A_{n(n-1)}$ 、 A_{nn} の中心は、基板上に並ぶ各受光部1の中心 O_{11} 、 \cdots 、 $O_{n(n-1)}$ 、 O_{nn} （X座標 O_{x1} 、 \cdots 、 O_{xn-1} 、 O_{xn} とY座標 O_{y1} 、 \cdots 、 O_{yn-1} 、 O_{yn} とで定められる）と一致している（必ずしも受光部中心 O_{11} 、 \cdots 、 $O_{n(n-1)}$ 、 O_{nn} と一致する必要はないが、計算処理を簡単にするためである。）。また、第1の矩形領域 C_{1nn} と第2の矩形領域 C_{2nn} との間の水平方向のずれ量 D_n は、次に述べる微少スケール（補正処理）を行った

ときに各重なり領域 A_{11} 、 \dots 、 $A_{n(n-1)}$ 、 A_{nn} が必ず残るように（消失しないように）設定されている。

【0048】② 次に、図4に示すように、市販の電子ビーム露光装置によって、まず、第1のマスクパターン描画データに対して撮像領域中心Oを基準として水平方向に補正倍率 $\alpha 1x$ 、垂直方向に補正倍率 $\alpha 1y$ で微少スケール（ $\alpha 1x < 1$ 、 $\alpha 1y < 1$ ）を行いながら、その補正された第1のマスクパターン描画データで、透明基板上的電子ビームレジスト材料に露光する。このとき、第1の矩形領域 $C 1_{11}$ 、 \dots 、 $C 1_{n(n-1)}$ 、 $C 1_{nn}$ の外側が露光され、内側が露光されない設定とする。続いて、第2のマスクパターン描画データに対して撮像領域中心Oを基準として水平方向に補正倍率 $\alpha 2x$ 、垂直方向に補正倍率 $\alpha 2y$ で微少スケール（ $\alpha 2x < 1$ 、 $\alpha 2y < 1$ ）を行いながら、その補正された第2のマスクパターン描画データで、上記電子ビームレジスト材料に露光する（なお、予め実測やシミュレーションによって最適の W_n' 、 d_n を求め、その W_n' 、 d_n に基づいて先の例と同様に上記式（1）、（2）を用いて補正倍率 $\alpha 1x$ 、 $\alpha 1y$ 、 $\alpha 2x$ 、 $\alpha 2y$ を求めておくものとする。）。このとき、第2の矩形領域 $C 2_{11}$ 、 \dots 、 $C 2_{n(n-1)}$ 、 $C 2_{nn}$ の外側が露光され、内側が露光されない設定とする。このようにした場合、第1の矩形領域 $C 1_{11}'$ 、 \dots 、 $C 1_{n(n-1)}'$ 、 $C 1_{nn}'$ と第2の矩形領域 $C 2_{11}'$ 、 \dots 、 $C 2_{n(n-1)}'$ 、 $C 2_{nn}'$ との重なり領域 A_{11}' 、 \dots 、 $A_{n(n-1)}'$ 、 A_{nn}' は、いずれの露光処理においても露光されない。したがって、現像処理後にレジスト膜は残存し、その後のエッチング処理で $C r$ 膜は除去されずに残る。この結果、図5に示すように、透明基板上に、上記重なり領域 A_{11}' 、 \dots 、 $A_{n(n-1)}'$ 、 A_{nn}' に対応する $C r$ 膜、すなわちマイクロレンズ用パターン M_{11}' 、 \dots 、 $M_{n(n-1)}'$ 、 M_{nn}' が配置されたマスクが得られる。

【0049】このようにして、実質的に極めて小さい最小寸法単位（少なくとも $0.0001 \mu m$ ）で形成されたマイクロレンズ用マスクが、緻密で複雑なデータ作成作業を行うことなく、簡単に得られる。

【0050】このマスク作製方法によって得られたマイクロレンズ用マスクを用いれば、マイクロレンズ用材料膜の露光工程で、従来の露光工程と同様に1枚のマスクを用いて1回の露光を行えば良い。したがって、固体撮像装置の生産性が損なわれるのを防止できる。また、製造された固体撮像装置は、水平および垂直方向ともに、入射光の「ケラレ」によるシェーディングを改善できる上、周辺減光によるシェーディングを改善できるものとなる。

【0051】なお、上記マイクロレンズ用パターンは矩形パターンとしたが、当然ながら、それ以外の様々な閉領域パターンとすることもできる。

【0052】また、上記微小スケール後の第1のマ

スクパターン描画データのみを用いて第1のマスクを作製するとともに、上記微小スケール後の第2のマスクパターン描画データのみを用いて第2のマスクを作製し、マイクロレンズ用材料膜に対して第1のマスクおよび第2のマスクを用いて順次露光、現像を行ってマイクロレンズ形成用材料膜をパターン形成することもできる。このようにした場合、第1のマスク、第2のマスクを簡単に作製できる。ただし、この場合、2枚のマスクと2回のフォトリソグラフィ工程を必要とするため、固体撮像装置の生産性が低下するおそれがある。

【0053】また、上記微小スケール前の第1のマスクパターン描画データのみを用いて第1のマスクを作製するとともに、上記微小スケール前の第2のマスクパターン描画データのみを用いて第2のマスクを作製し、マイクロレンズ用材料膜に対して第1のマスクおよび第2のマスクを用いて露光を行う際に、縮小露光装置（ステッパ）の縮小倍率を、通常より小さく設定してパターン形成することもできる。このようにした場合、第1のマスク、第2のマスクを簡単に作製できる。ただし、この場合、2枚のマスクと2回のフォトリソグラフィ工程、および縮小倍率調整を必要とするため、生産性の向上は望めない。さらに水平方向のみ、あるいは垂直方向のみに微小スケールをかけることができない。また、水平と垂直方向の縮小（補正）倍率は同じ値しか選べないという制約がある。

【0054】

【発明の効果】以上より明らかなように、この発明の固体撮像装置は、射出瞳に正対される上記基板上的撮像領域中心部から基板面に沿って撮像領域周辺部へ移るにつれて、各集光部の位置がその集光部に対応する受光部の位置よりも撮像領域中心側へ徐々に大きくずれ、かつ上記各集光部の上記基板面に沿った方向の寸法が徐々に大きくなっているため、入射光の「ケラレ」によるシェーディングを改善できる上、周辺減光によるシェーディングを改善できる。

【0055】一実施形態の固体撮像装置では、上記撮像領域中心部と撮像領域周辺部とを結ぶ方向は、この固体撮像装置の水平方向であるから、水平方向に関してシェーディングを有効に改善できる。

【0056】一実施形態の固体撮像装置では、上記撮像領域中心部と撮像領域周辺部とを結ぶ方向は、この固体撮像装置の垂直方向であるから、垂直方向に関してシェーディングを有効に改善できる。

【0057】この発明の固体撮像装置の製造方法によれば、上述の固体撮像装置を、従来の一般的な固体撮像装置を製造する場合と全く同様のプロセスで作製できる。すなわち、集光部用材料膜の露光工程では、従来の露光工程と同様に1枚のマスクを用いて1回の露光を行えば良い。したがって、固体撮像装置の生産性が損なわれることがない。

【0058】この発明のマスク作製方法によれば、第1、第2のマスクパターン描画データの最小寸法単位を通常の $0.1 \sim 0.01 \mu\text{m}$ 程度に設定した上で、上記第1の開領域パターンと第2の開領域パターンとの重なり領域の位置が上記補正前の位置よりも上記配列の中心側へ徐々に大きくなり、かつ上記各重なり領域の寸法が徐々に大きくなっているパターンを遮光膜上に描画できる。すなわち、実質的に極めて小さい最小寸法単位（少なくとも $0.0001 \mu\text{m}$ ）を持つ重なり領域を描画される。したがって、そのような実質的に極めて小さい最小寸法単位で形成されたマイクロレンズ用マスクを、緻密で複雑なデータ作成作業を行うことなく、簡単に得ることができる。

【0059】一実施形態のマスク作製方法は、固体撮像装置に関して要求される集光部の受光部に対するずれ量と、上記集光部の上記基板面に沿った方向の寸法変化とに応じて、上記第1および第2の補正倍率を設定するので、現実の様々な固体撮像装置に適合したマイクロレンズ用マスクを、いちいちマスクパターン描画データを作成することなく、同一のマスクパターン描画データを用いて簡単に作製できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 この発明の一実施形態の固体撮像装置を示す断面図である。

【図2】 (a)は本発明のマスク作製方法を水平方向に適用した場合に最初に設定するマスクパターン描画データを示し、(b)は(a)のマスクパターン描画データを補正した後のマスクパターン描画データを示し、 *

* (c)は(b)のマスクパターン描画データを描画して得られたマイクロレンズ用マスクパターンを示す図である。

【図3】 本発明のマスク作製方法を水平方向および垂直方向に適用した場合に最初に設定するマスクパターン描画データを示す図である。

【図4】 図3のマスクパターン描画データを補正した後のマスクパターン描画データを示す図である。

【図5】 図4のマスクパターン描画データを描画して得られたマイクロレンズ用マスクパターンを示す図である。

【図6】 従来の固体撮像装置を示す断面図である。

【図7】 上記従来の固体撮像装置について、(a)射出瞳距離が長い場合の特性と、(b)射出瞳距離が短い場合の特性とを比較して説明する図である。

【図8】 従来の固体撮像装置の出力信号波形を示す図である。

【図9】 図6の固体撮像装置の従来の改良例であって、撮像領域中心部から撮像領域周辺部へ移るにつれて、各集光部の位置がその集光部に対応する受光部の位置よりも撮像領域中心側へ徐々に大きくなっているもの

【符号の説明】

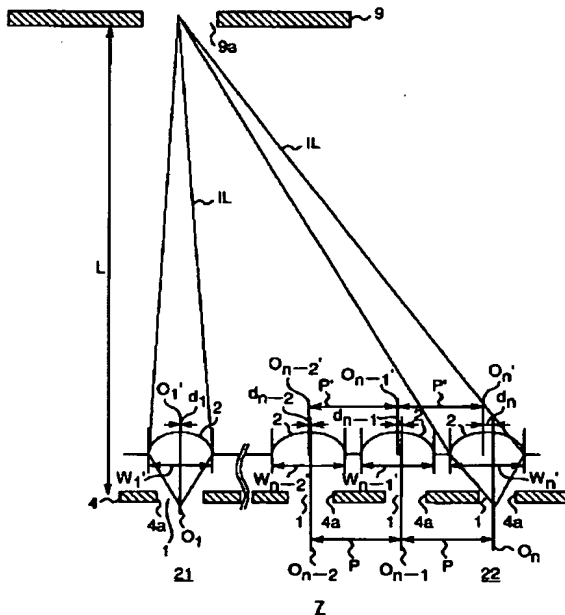
1 L 入射光

1 受光部

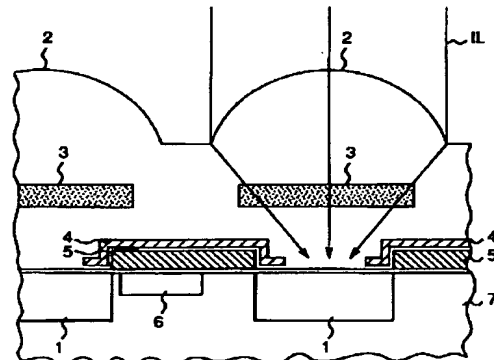
2 集光部

9 a 射出瞳

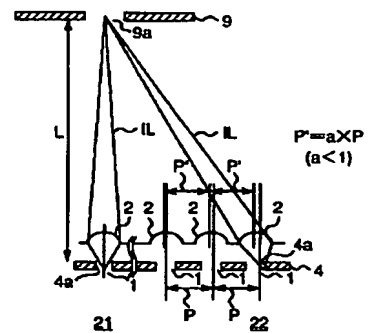
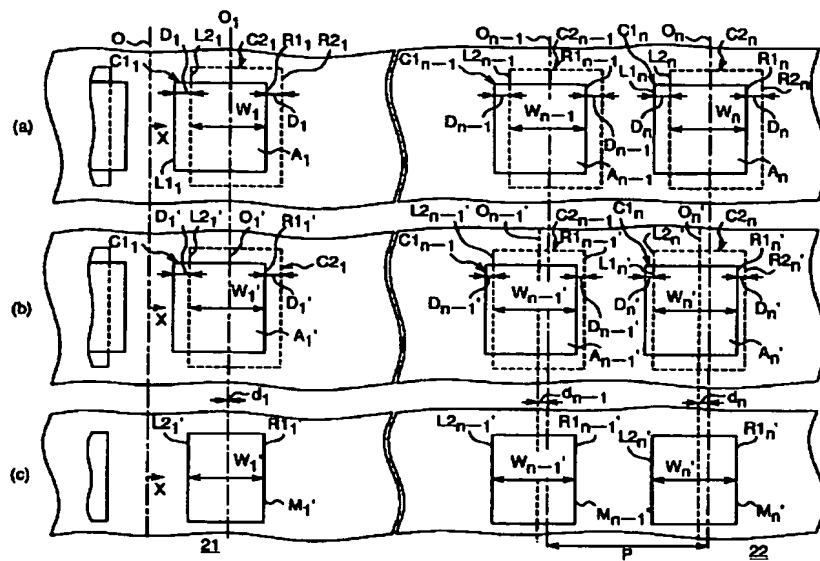
【図1】



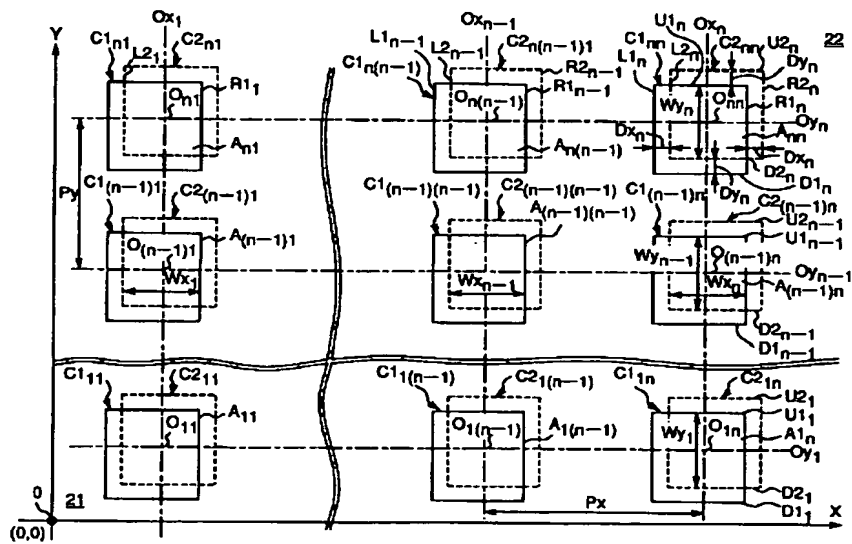
【図6】



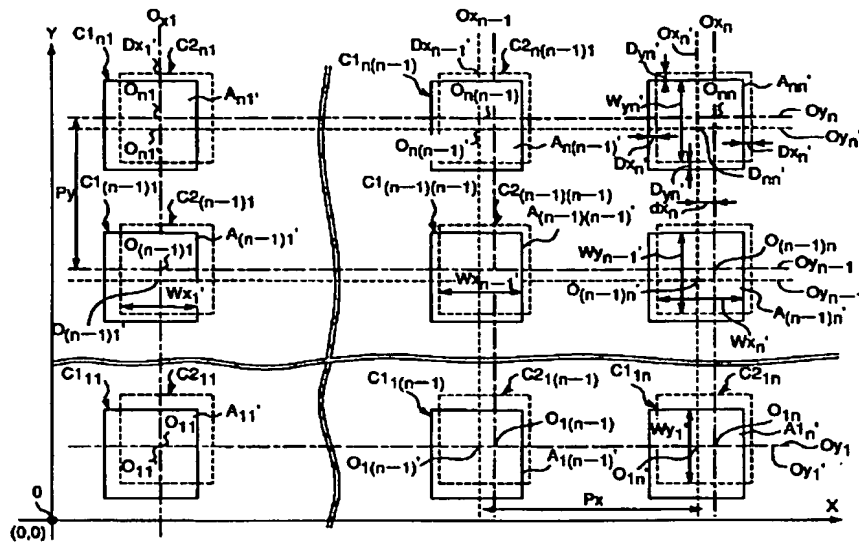
【図9】



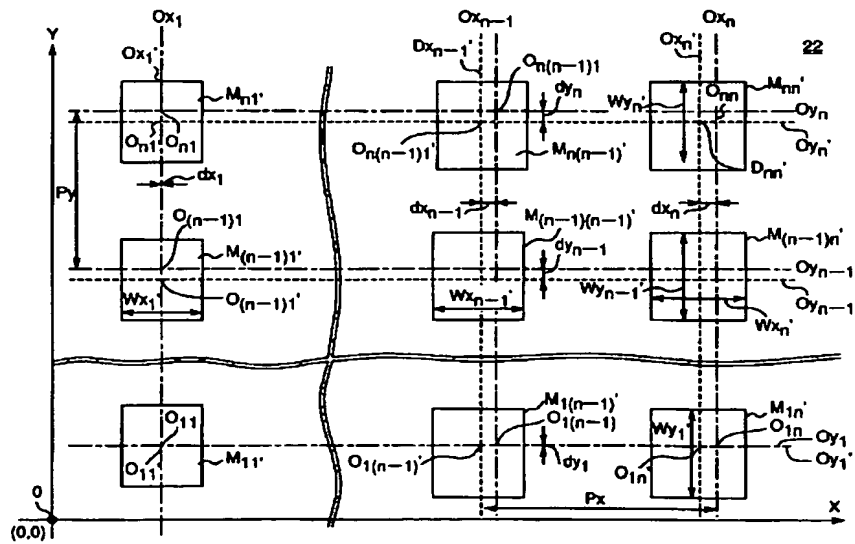
【図 3】



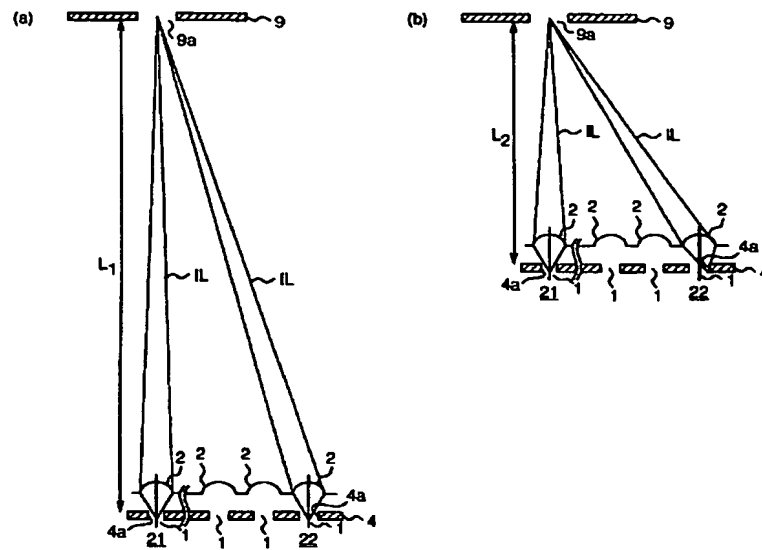
【図4】



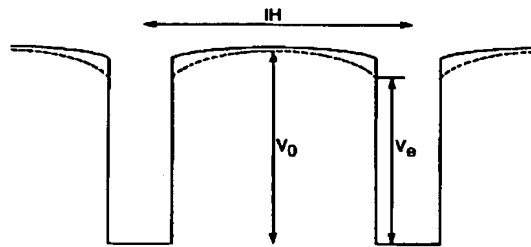
【図5】



【図7】



【図8】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.⁷
// G 0 3 F 1/08

識別記号

F I
H O I L 27/14

テーマコード(参考)

B

F ターム(参考) 2H095 BB02 BB10 BB31
4M118 AA05 AB01 BA10 CA03 CA26
EA01 FA06 GC07 GD04 GD07
5C024 AA01 BA01 CA10 CA31 EA02
EA04 FA01

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☐ **BLACK BORDERS**

☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**

☒ **FADED TEXT OR DRAWING**

☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**

☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**

☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**

☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**

☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**

☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**

☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.